

Olli Holmi

JOKIVENEEN SUUNNITTELU JA PROTOTYYPIN VALMISTUS

JOKIVENEEN SUUNNITTELU JA PROTOTYYPIN VALMISTUS

Olli Holmi
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Olli Holmi
Opinnäytetyön nimi: Jokiveneen suunnittelu ja prototyypin valmistus
Työn ohjaaja: Helena Tolonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018
Sivumäärä: 43 + 1 liite

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin jokivene ja valmistettiin siitä prototyyppi. Työn tavoitteena oli vähentää jokiveneen valmistuksessa tarvittavan käsityön määrää. Tavoite pyrittiin saavuttamaan nykyaikaisia mallinnus- ja valmistustekniikoita hyödyntäen.

Suunnittelutyössä edettiin systemaattisen ja luovan tuotekehitysprosessin teorioita soveltaen. Alkukartoitusvaiheessa selvitettiin hyvän jokiveneen ominaisuuksia lohensoutajia haastatteleamalla. Tärkeimpinä ominaisuuksina nousivat esiin vakaus ja herkkäsoutuisuus. Jokiveneen rakenteisiin ja valmistustekniikoihin perehdyttiin alan kirjallisuuden avulla. Kriittisiä mittoja mitattiin myös hyväksi havaitusta jokiveneestä. Alkukartoituksessa saatujen tietojen perusteella jokiveneestä laadittiin yksinkertaistettu 3D-malli, jolle suoritettiin virtausanalyysi. Kõililinjaa kaarevuutta muuttamalla ja virtausominaisuuksia virtausanalyysin avulla vertailemalla selvitettiin paras malli yksityiskohtaisen suunnittelun pohjaksi. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa keskityttiin siihen, että osat olisi helppo valmistaa. Vesileikkuria haluttiin hyödyntää osien valmistuksessa mahdollisimman paljon. Osien suunnittelussa päädyttiin useaan kokeelliseen ratkaisuun. Esimerkiksi keula- ja perävannas rakennettiin vanerilevyistä laminoimalla. Myös kaikki kaaret leikattiin suoraan vanerilevystä vesileikkurin avulla.

Prototyypin rakentamisen yhteydessä mallintamisen hyödyt tulivat selkeästi esiin. 3D-mallista oli helppo luoda tarvittavat dxf-kuvat vesileikkurin ohjelmointia varten. Mallintaminen osoittautui toisaalta myös erittäin haastavaksi eikä kaikkien osien mallintaminen onnistunut kunnolla. Esimerkiksi laitavanereiden limitysviisteiden mallintamisesta jouduttiin luopumaan. Kokoonpanossa tarvittavan käsityön määrää saatiin vähennettyä, mutta osittain mallinnuksessa esiintyneiden ongelmien takia siitä ei päästy kokonaan eroon. Prototyypin rakentaminen paljasti myös suunnitteluvirheitä. Esimerkiksi kõilirakenteen suunnittelussa ei puun taivutusjäykkyyttä ollut osattu huomioida riittävästi. Myös tuhtojen, teljujen ja kantosiiven suunnittelua pitäisi jatkaa. Työssä esitetyllä tavalla niiden valmistaminen vaatii edelleen paljon käsityötä.

Asiasanat: jokivene, tuotekehitys, 3D-mallinnus, prototyyppi, SolidWorks

ALKULAUSE

Olen aiemmalta ammatiltani puuseppä ja jokiveneen rakentaminen on ollut pitkäaikainen unelmani. Ymmärrykseni mukaan jokiveneen rakentaminen ilman kunnollisia ohjeita on kuitenkin erittäin työlästä ja aikaa vievää. Käsityötä tarvitaan paljon, eikä kokoonpanovaiheessa tapahtuva osien moneen kertaan sovittaminen ole tuntunut mielekkäältä.

Opintojeni aikana saamani oppi tuotekehitykseen ja 3D-mallintamiseen herättivät ajatuksen, että voisin ehkä hyödyntää oppejani unelmani toteuttamisessa. Olin kuitenkin hieman epävarma aiheeni soveltuvuudesta opinnäytetyöksi. Olenkin kiittollinen lehtori Esa Kontiolle saamastani kannustuksesta, joka vakuutti minut siitä, että tämä työ kannattaisi tehdä.

Opinnäytetyöni ohjaamisesta kiitän lehtori Helena Tolosta ja tekstinohjauksesta lehtori Tuija Juntusta. Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratoriossa työskentelevää laboratorioteknikko Jari Mahlakaarta haluan kiittää vesileikkurin käytön opetuksesta. Kiitokseni myös kaikille muille opettajilleni, jotka ovat ammattitaitoisella ja innostavalla opetuksellaan myötävaikuttaneet työni toteutumiseen.

Kalastusharrastukseni parissa olen tutustunut Klasilan Markkuun ja hänen rakentamiinsa hienoihin jokiveneisiin. Työni aikana hänen vinkeistään oli iso apu erityisesti materiaalihankintoja tehtäessä. Prototyypin tekemisessä tarvitsemani niitausvälineetkin Markku lainasi auliisti. Olenkin kovin kiittollinen hänelle avusta, jota opinnäytetyöni tekemisessä sain.

Lopuksi haluan esittää erityiset kiitokseni vanhemmilleni, jotka antoivat käyttöni tilan prototyypin rakentamista varten.

Oulussa 15.1.2018

Olli Holmi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 TUOTEKEHITYSPROSESSI	7
2.1 Systemaattinen tuotekehitysprosessi	7
2.2 Luova tuotekehitysprosessi	7
3 TUOTEOHJELMAN SUUNNITTELU	8
3.1 Tuote-ehdotus	8
3.2 Vaatimuslista	8
3.3 Tuotespesifikaatio	9
4 ESISUUNNITTELU	10
4.1 Alkukartoitus	10
4.1.1 Lähdeaineisto	10
4.1.2 Hyvän jokiveneen ominaisuudet	10
4.1.3 Jokiveneen mitat	11
4.2 3D-luonnos	11
4.3 Virtausanalyysi	15
5 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU	19
6 PROTOTYYPPI	27
6.1 Kasauspukki	27
6.2 Osien valmistus	28
6.3 Kokoonpano	31
6.4 Pintakäsittely	39
6.5 Viimeistely	39
7 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	43
LIITTEET	
Liite 1 Vaatimuslista	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä esitetään jokiveneen suunnittelu ja prototyypin valmistaminen. Suunnittelutyössä sovelletaan sekä systemaattisen että luovan tuotekehitysprosessin menetelmiä. Tuotekehitysprosessien teoriaa hyödynnetään työn edessä, mutta pääpaino on 3D-mallinnuksessa ja prototyypin rakentamisessa. Suunnittelussa nojaututaan kokemukseen hyvästä jokiveneestä, eikä jokivenettä itsessään ole tarkoitus keksiä uudelleen.

Jokiveneiden valmistus on edelleen voimakkaasti käsityövoittoista ja sisältää paljon kokoonpanotyön aikaista sovittamista. Tämän työn tärkeimpänä tavoitteena onkin selvittää, miten valmistettavuutta voitaisiin parantaa. Tavoitteeseen pyritään hyödyntämällä nykyaikaista mallinnus- ja valmistustekniikkaa.

Esisuunnittelussa jokiveneestä laaditaan yksinkertaistettuja 3D-malleja SolidWorks-ohjelmistolla. Mallien virtausominaisuuksia vertaillaan virtausanalyysin avulla. Yksityiskohtaisen suunnittelun pohjaksi valitaan malli, joka osoittautuu virtausanalyysin perusteella parhaaksi.

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa painotetaan erityisesti osien valmistettavuutta. Osat suunnitellaan mahdollisuuksien mukaan niin, että niiden valmistuksessa voidaan hyödyntää vesileikkuria.

Lopuksi rakennetaan prototyyppi. Prototyypin tekemisellä selvitetään uusien ideoiden toteutuskelpoisuus sekä löydetään mahdolliset suunnitteluvirheet.

2 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitysprosessi on prosessi, jossa idea tai ajatus jalostuu konkreettiseksi tuotteeksi tai palveluksi. Tässä työssä sovelletaan sekä systemaattisen että luovan tuotekehitysprosessin menetelmiä.

2.1 Systemaattinen tuotekehitysprosessi

Systemaattinen tuotekehitysprosessi etenee nimensä mukaisesti systemaattisesti ja kurinalaisesti. Se käynnistyy tuoteohjelman suunnittelulla edeten esisuunnittelun kautta yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Yksityiskohtaista suunnittelua seuraa prototyypin valmistaminen ja testaus. Prototyypin testauksen jälkeen viimeistellään dokumentaatio ja käynnistetään tuotanto. (1.)

2.2 Luova tuotekehitysprosessi

Luova tuotekehitysprosessi antaa enemmän vapauksia innovatiiviseen työskentelyyn. Siinä painotetaan olemassa olevien ratkaisujen analysointia ja pyritään ymmärtämään valittujen ratkaisuvaihtoehtojen perusteet. Uusia ratkaisumalleja haetaan syventämällä tietämystä osa-alueista, joissa osaaminen koetaan puutteelliseksi. Luovalle suunnittelulle on tyypillistä tutkailla, voisiko jotain valmista oivallusta hyödyntää suunnittelutyössä. Alitajuinen työskentely on luovalle suunnittelijalle luonteenomaista. Parhaimmillaan ratkaisu putkahtaa alitajunnasta yllättäen. Tällaista oivallusta kutsutaan Heureka-ilmiöksi. (2.)

3 TUOTEOHJELMAN SUUNNITTELU

Tuoteohjelman suunnittelussa kartoitetaan tuotekehityksen tarpeet. Impulssi tuotekehitykseen voi syntyä esimerkiksi omista, asiakkaan tai markkinoiden tarpeesta. Tuote on voinut vanhentua, jolloin tuotetta on päivitettävä myynnin edistämiseksi. Uudet materiaalit ja kehittynyt valmistustekniikka ovat entistä useammin kimmokkeena tuotekehitysprosessin käynnistämiseksi. (1.) Trendit ja muoti muuttuvat jatkuvasti aiheuttaen paineita tuotekehitykseen. Pysyäkseen kilpailukykyisenä ja mukana markkinoilla yritysten onkin pidettävä huoli tuotekehityksensä toimivuudesta.

Tuoteohjelman suunnittelu kuuluu yrityksen johdon vastuualueeseen (1). Tavallisesti tuoteohjelman suunnittelussa tai tuotehaussa on mukana henkilöitä myös talous-, myynti-, markkinointi-, tuotanto- ja suunnitteluosastoilta (2, s. 117). Tuoteohjelmassa seurataan markkinatilanteen kehittymistä ja selvitetään omien tuotteiden tai palvelujen sijoittumista markkinoilla. Tuoteohjelman suunnittelun tavoitteena on saada aikaan tuote-ehdotuksia, joista parhaat ja kehityskelpoisimmat viedään tuotekehitysprosessin läpi. (1.)

3.1 Tuote-ehdotus

Tuotehaussa riittävän kannatuksen saaneesta tuoteideasta laaditaan tuote-ehdotus. Tuote-ehdotus on dokumentti, jossa tuote-ehdotukselle annetaan nimi. Siinä kuvataan tuotteen taustat sekä laaditaan arvio markkinoista ja kilpailutilanteesta. Tuote-ehdotuksessa selvitetään myös tuotannon järjestäminen ja kartoitetaan jakelukanavat. (1.)

3.2 Vaatimuslista

Tuote-ehdotukseen sisällytetään myös mahdollisimman pitkälle viety vaatimuslista. Vaatimuslistan vaatimukset pyritään laatimaan niin, etteivät ne sido mihinkään tiettyyn ratkaisumalliin. Vaatimuslistan vaatimukset voivat olla joko kiinteitä vaatimuksia, vähimmäisvaatimuksia tai toivomuksia. (1.)

Kiinteällä vaatimuksella tarkoitetaan sitä, että lopullisen tuotteen on se ehdottomasti täytettävä (2, s. 80). Esimerkiksi tuotteen geometrinen koko voi olla kiinteä

vaatimus. Jos kiinteänä vaatimuksena esitetystä geometrisesta koosta ei suunnittelun edetessä pidetä kiinni, voi olla, ettei lopputuote enää mahdukaan paikkaan, johon se oli tarkoitettu.

Vähimmäisvaatimuksella asetetaan rajat, jotka on vähintään täytettävä (2, s. 80). Jos tuotteen painoksi on esitetty vähimmäisvaatimuksena < 10 kg, on lopputuotteen 8 kg:n paino täysin hyväksyttävä.

Toivomuksena vaatimuslistaan kirjatut ominaisuudet otetaan suunnittelussa huomioon mahdollisuuksien mukaan (2, s. 80). Vaikka toivomuksista jouduttaisiin suunnittelun aikana luopumaan, ei suunnittelutyötä voi sen perusteella pitää epäonnistuneena.

Tämän opinnäytetyön tuotekehitysprosessin perustaksi laadittiin myös vaatimuslista (liite 1). Vaatimuslistaa laadittaessa hyödynnettiin sekä omaa että muiden jokiveneitä käyttävien kokemuksia.

3.3 Tuotespesifikaatio

Systemaattisessa tuotekehitysprosessissa vaatimuslistan vaatimukset muutetaan tuotespesifikaatiossa insinöörimäiseen muotoon. Vaatimukset esitetään niin, että ne ovat yksiselitteisiä ja tavallisesti myös mitattavissa. (1.) Vaatimuslistassa esitetty tuotteen keveys voitaisiin kirjata tuotespesifikaatioon esimerkiksi näin: Tuotteen paino maksimissaan 1 kg.

4 ESISUUNNITTELU

Systemaattisen tuotekehitysprosessin metodien noudattaminen tämän työn esisuunnittelussa ei tuntunut luontevalta (2, s. 83 - 95). Esisuunnittelussa annettiin enemmän tilaa intuitiiviselle työskentelytavalle.

4.1 Alkukartoitus

Alkukartoitusvaiheen tavoitteena oli lisätä tietämystä suunnittelun kohteesta. Jokiveneiden rakenteisiin perehdyttiin lukemalla alan kirjallisuutta. Erilaisia rakenneratkaisuja tutkittiin myös valmiista veneistä. Hyvän jokiveneen ominaisuuksia kartoitettiin haastatteleamalla lohensoutajia ja hyödyntämällä omia kokemuksia.

4.1.1 Lähdeaineisto

Juha Vartiaisen kirjoittamasta Puuvene-kirjasta saatiin hyvä käsitys, miten haastavaa puuveneiden rakentaminen on perinteisiä menetelmiä käyttäen (3). Osmo Perälän Puuvene-kirja avasi puolestaan ansiokkaasti puuveneiden historiaa, sanastoa ja työmenetelmiä, joita puuveneiden teossa käytetään (4). Seppo Köngäs oli laatinut jokiveneiden rakentelusta erittäin mielenkiintoisen blogin, ja siihen tutustuminen lisäsi huomattavasti tietämystä jokiveneiden rakentamisen vaiheista (5).

4.1.2 Hyvän jokiveneen ominaisuudet

Hyvän jokiveneen ominaisuuksia kartoitettiin haastatteleamalla lohensoutajia. Jokiveneen vakaus oli ominaisuus, joka nousi useissa keskusteluissa esiin. Hyvän jokiveneen todettiin olevan myös herkkäsoutuinen ja mielellään kevyt. Toisaalta kokemuksia oli myös painavista, mutta kuitenkin hyväsoituisista veneistä.

Hiukan yllättäen hyvien ominaisuuksien lista ei ollut kovin pitkä. Hyviä ominaisuuksia pyrittiin etsimään lisää käänteistä psykologiaa hyödyntäen. Huono joki-vene on haastattelujen perusteella kiikkerä, vetelä, raskassoutuinen ja tuuliherkkä. Näitä ominaisuuksia pyritään suunnittelussa välttämään.

4.1.3 Jokiveneen mitat

3D-mallinnustyötä silmällä pitäen kartoitettiin hyväksi todetun jokiveneen kriittisiä mittoja. Malliveneen runkopituus ilman kantosiipeä oli 5 450 mm ja leveys 1 180 mm. Perälaudan korkeudeksi saatiin kölöpohjasta mitattuna 590 mm. Laikakorkeus keskellä kölöpohjasta mitattuna oli yllättäen ainoastaan 300 mm.

Jokiveneen mittoja käsiteltäessä on syytä huomioida, että kaikki 5,5 metriä ja sitä pidemmät purje- ja moottoriveneet on rekisteröitävä vesikulkuneuvorekisteriin. Rekisterin ylläpitäjänä toimii Trafi. (6.)

4.2 3D-luonnos

Alkukartoitusvaiheessa saatujen tietojen perusteella päätettiin jokiveneestä laatia yksinkertaistettu 3D-malli. Mallia käytettäisiin yksityiskohtaisen suunnittelun perustana ja sen avulla selvitetäisiin jokiveneen virtausominaisuuksia.

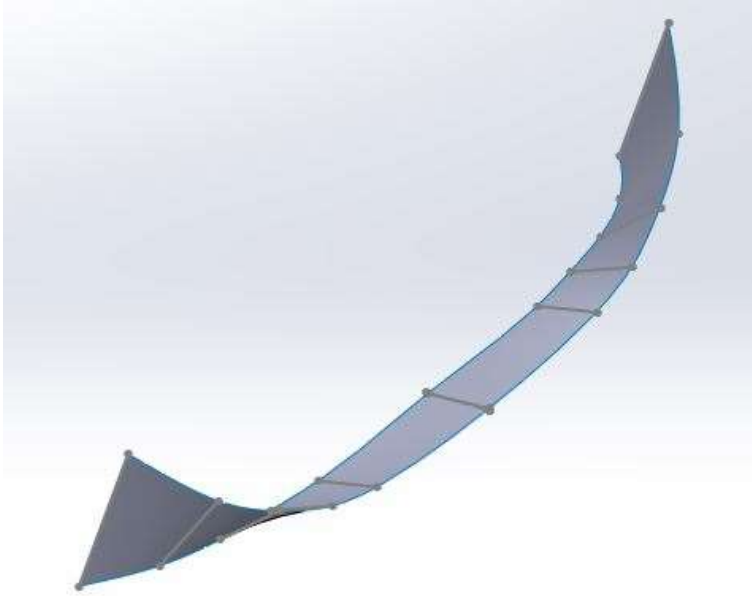
Hyvin pian mallinnustyön alettua selvisi, että työ tulisi olemaan opettavainen kokemus. Vaikka mallinnustyöhön valitun SolidWorksin käyttöä oli opiskeltu usean kurssin verran, osoittautui mallintaminen erittäin haastavaksi. Ohjelmiston käytämisestä puuttui rutiini, ja aikaa eri toimintojen kokeiluun kului todella paljon.

Moneen suuntaan kaartuva geometria ja alkukartoitusvaiheen puutteellinen mitausdata aiheuttivat suurta tuskaa. Mallia koitettiin luoda hyödyntämällä opittuja tekniikoita, mutta kunnollisia tuloksia ei syntynyt kovasta yrittämisestä huolimatta. Mallin geometria oli aina jotenkin ongelmallinen, eikä jouhevan muodon mallintaminen kriittisten mittojen rajoissa onnistunut.

Monen epäonnistuneen yrityksen jälkeen päätettiin ongelma pilkkoa tarpeeksi pieniin palasiin. Alusta asti oli ollut selvää, että jokiveneen valmistuksessa käytettäisiin 9 mm:n vahvuista venevaneria. Veneen muotoa alettiin etsiä vanerin taivutettavuuden ehdoilla (7).

Kahden aputasoille piirretyn viivan väliin luotiin pinta vanerin taivutettavuuden hahmottamiseksi. Aputasoilla olevien viivojen keskinäistä kulmaa muuttamalla ja Curvature-työkalua hyödyntämällä löydettiin lopulta rajat, joiden puitteissa vaneria voisi taivuttaa.

Vanerin taivutettavuuden hahmotuttua luotiin aputasoja koko veneen matkalle. Aputasoille piirrettiin viivat, joiden kautta luotu pinta ei ylittäisi vanerin taivutettavuuden rajoja. Varsinainen pinta ensimmäiselle vanerille luotiin Lofted Surface -toiminnon avulla (kuva 1).



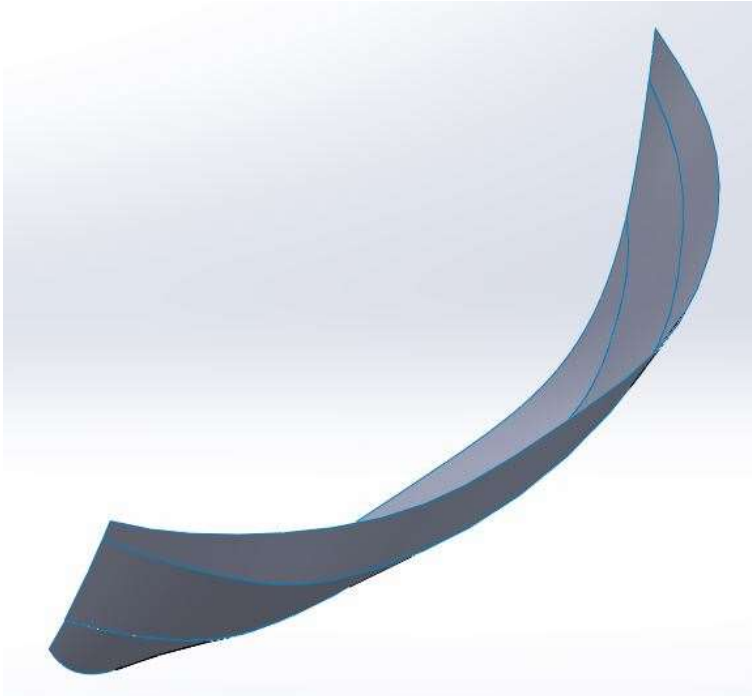
KUVA 1. Ensimmäisen vanerin pinta

Vanerin lopullista muotoa haettaessa pinta siistittiin Trim Surface -työkalulla. Trimmaamisessa hyödynnettiin Right Planen suuntaista aputasoa. Trimmattu pinta on esitetty kuvassa 2.



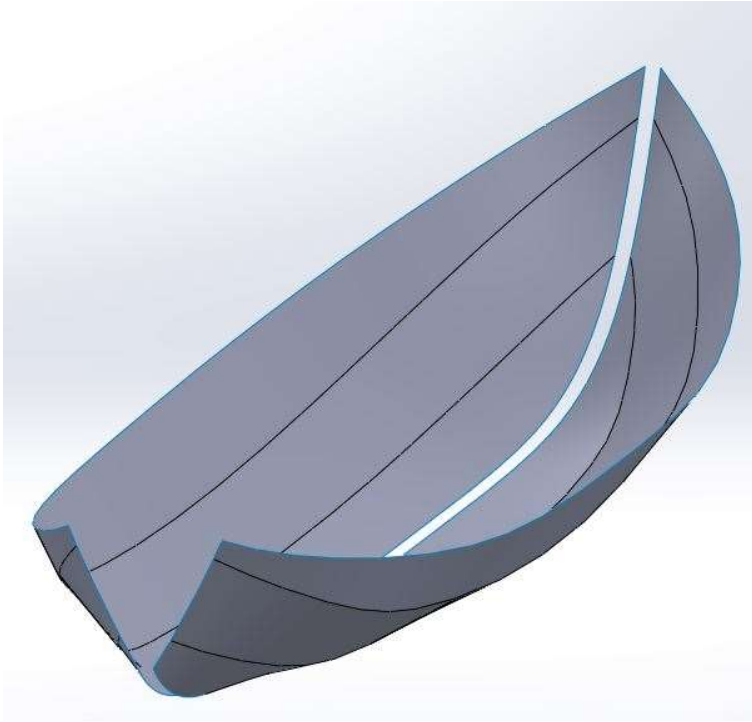
KUVA 2. Trimmattu pinta

Toinen ja kolmas vaneri mallinnettiin samoja toimintoja käyttäen. Veneen perän trimmauksessa käytettiin apuna pintaa, joka tehtiin Surface Extend -työkalulla. Puolikas veneestä alkoi hahmottua (kuva 3).



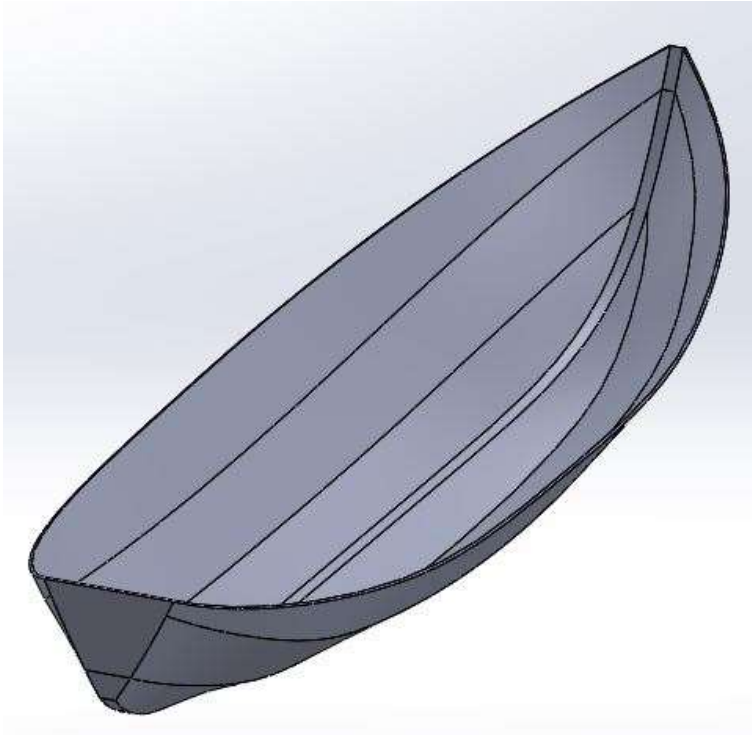
KUVA 3. Veneen puolikas

Veneen puolikkaan valmistuttua havaittiin, että pintojen väliin oli jäänyt rakoja. Knit Surface -toiminolla osien liittäminen ei onnistunut kunnolla. Ongelma ratkaistiin luomalla puolikkaasta kokonaan uusi ja yhtenäinen pinta yhdistämällä kaikkien kolmen pinnan ohjauskäyrät toisiinsa. Uusi pinta trimmattiin ja lopuksi peilattiin Mirror-komennon avulla (kuva 4).



KUVA 4. Peilauksen tulos

Puolikkaiden väliin luotiin pinta Lofted Surface -toiminnolla. Pinnan ohjauskäyrien teossa hyödynnettiin Composite Curve -käskyä. Muodostuneet pinnat liitettiin yhdeksi pinnaksi Knit Surfacen avulla ja muutettiin lopulta tilavuusmalliksi Thicken-komentoa käyttäen. Virtausanalyysiä varten tarvittava malli valmistui (kuva 5).

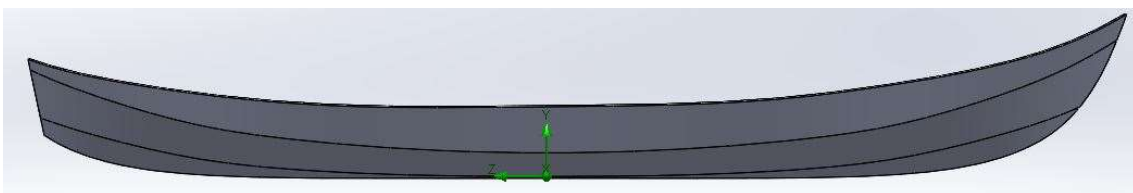


KUVA 5. Malli virtausanalyysiä varten

4.3 Virtausanalyysi

Virtausanalyysin avulla haluttiin selvittää ensisijaisesti kölön kaarevuuden vaikutuksia virtausominaisuuksiin. Lohensuoutua harrastavien keskuudessa uskotaan sopivan kaarevuuden parantavan veneen virtausominaisuuksia (8).

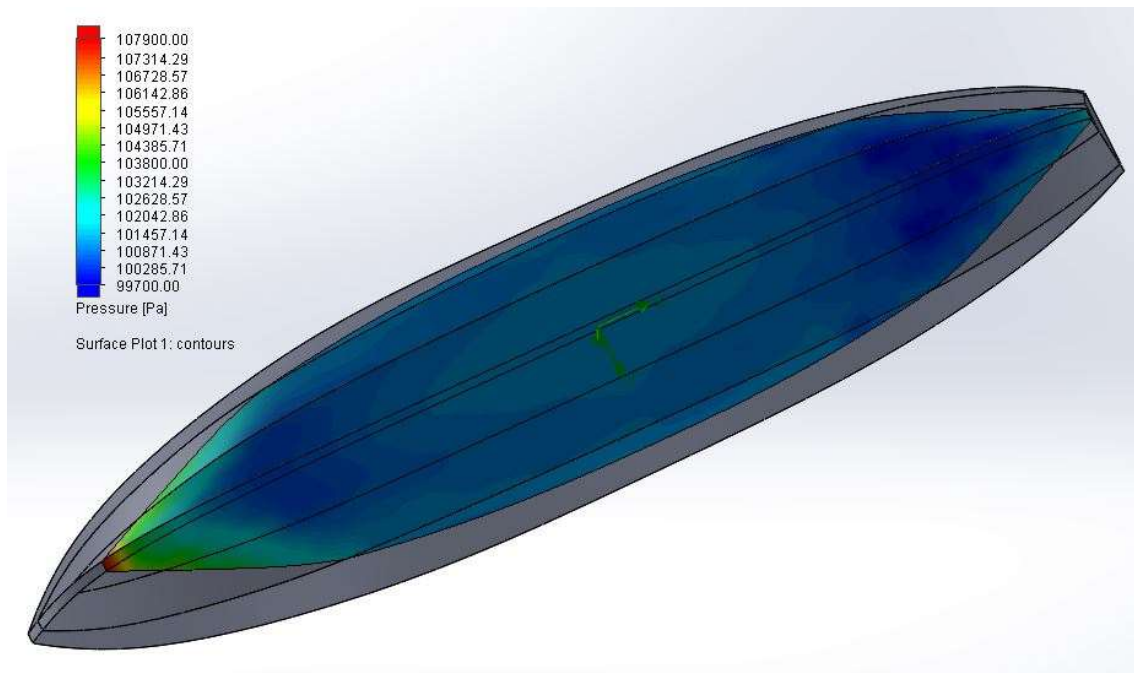
Ensimmäisenä käsittelyyn otettiin malli, joka luotiin edellä. Tämän mallin kölilinja on suora (kuva 6).



KUVA 6. Suorakölinen vene

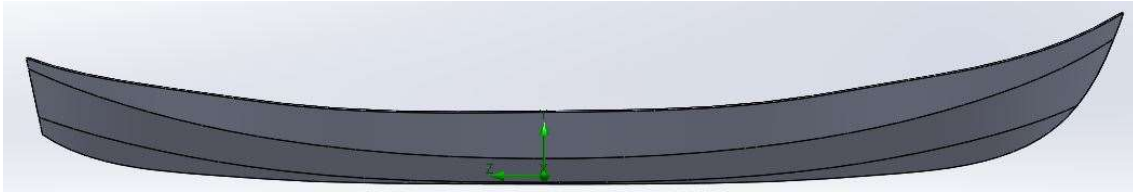
Opintojen aikana ei virtausanalyysiä käsitelty, joten SolidWorksin Flow Simulation moduulin opiskelussa turvauduttiin YouTubesta löytyneisiin tutorial-videoihin (9; 10).

Vene asettiin kulkemaan 200 mm:n syvyydessä ja virtausnopeudeksi määritettiin 5,5 metriä sekunnissa eli noin 20 km/h. Analyysiin valittu virtausnopeus on teoreettinen ja se valittiin käytettäväksi lähinnä selkeämpien painejakaumakuvien toivossa. Kuvassa 7 on esitetty suorakölisen veneen pohjan painejakauma. Tummansinisellä alueella veneen pohjaan kohdistuva paine on pienimmillään ja veden virtausnopeus suurimmillaan. Punaisella alueella veneen pohjaan kohdistuva paine on suurimmillaan ja veden virtausnopeus pienimmillään.



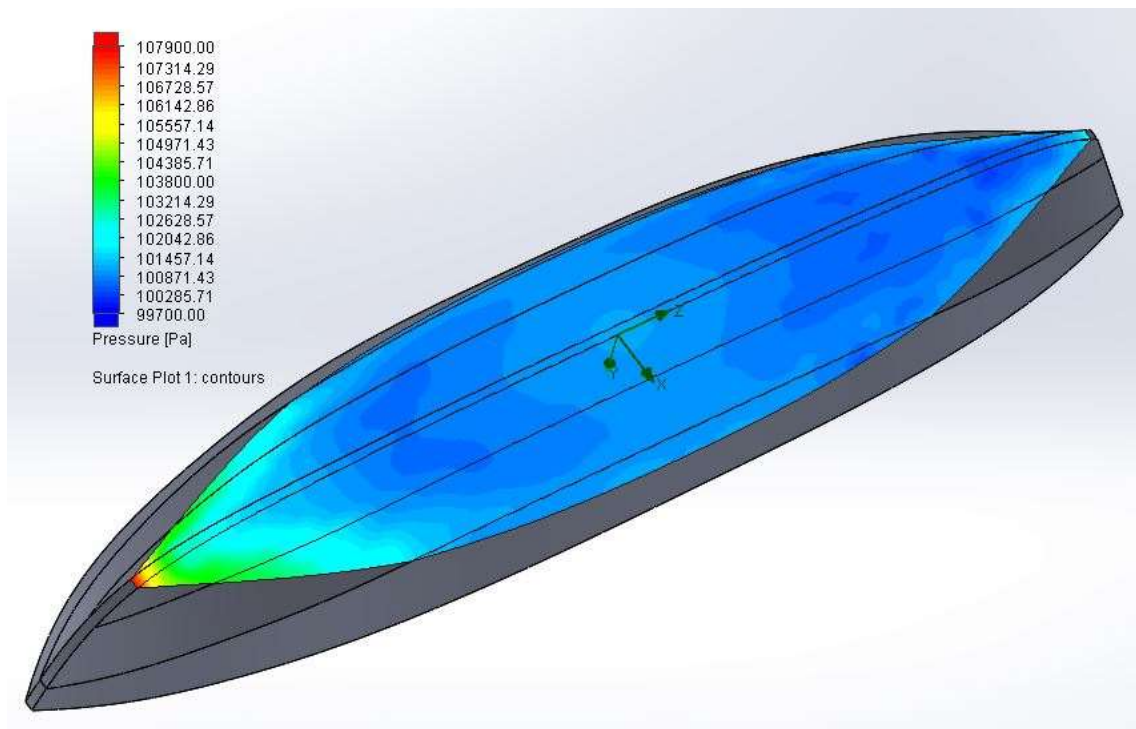
KUVA 7. Pohjan painejakauma suorakölisellä veneellä

Ensimmäisen mallin analysoinnin jälkeen pohjan muotoa pyrittiin parantamaan kölilinjan kaarevuutta muuttamalla. Kokeiluja tehtiin useita. Muutosten tekemistä rajoittivat vanerin ominaisuudet sekä suhteellisen tiukasti määritetty ulkoinen geometria. Myös valmistettavuutta jouduttiin puntaroimaan jo tässä vaiheessa. Mallin muutokset olivatkin melko pieniä, mutta virtausanalyysin avulla kuitenkin selkeästi havaittavissa. Suurin muutos tehtiin alimman vanerin keskimmäiseen ohjauskäyrään, jota laskettiin 30 mm Top Planen tasosta. Kuvassa 8 on sivuprofiili mallista, joka valikoitui yksityiskohtaisen suunnittelun perustaksi. Kuvasta on havaittavissa myös yläreunan muodon vääristyminen, joka korjataan myöhemmin yksityiskohtaisessa suunnittelussa.



KUVA 8. Kaarevakölinen vene

Kölinlinjan kaarevuuden lisääminen tasoitti huomattavasti pohjan painejakaumaa. Selkeimmin painejakauman muutokset ovat havaittavissa keulassa ja perässä (kuva 9). Kuvan tulkitseminen aiheutti hämmennystä, sillä keulaan ja perään kohdistuva paine oli kasvanut. Tämä tarkoitti sitä, että virtausnopeus näillä alueilla oli laskenut.



KUVA 9. Pohjan painejakauma kaarevakölisellä veneellä

Virtausanalyysiä tehdessä otettiin ohjelmasta ulos muitakin tuloksia kuin tässä kuvattua pohjan painejakaumaa. Esimerkiksi virtauksen suuntainen normaali-voima oli kaarevakölisellä veneellä noin 20,5 % pienempi kuin suorakölisellä. Normaalivoimat eivät ole kuitenkaan aivan vertailukelpoisia, sillä muodon muuttuessa myös virtausta vastustava pinta-ala muuttui. Tämä aiheutui siitä, että vir-

tausanalyysissä erimuotoiset veneet asetettiin samaan uintisyvyyteen. Vertailukelpoisten tulosten saamiseksi olisi veneiden uintisyvyydet pitänyt asettaa kanta-vuodeltaan tasavertaiseen asemaan.

Bernoullin lain mukaan virtauksen nopeuden kasvaessa paine alenee (11). Pelkkien painejakaumakuvien perusteella oli kuitenkin mahdotonta päätellä, mikä malli vastustaisi virtausta vähiten. Koska normaalivoimatkaan eivät olleet keskenään vertailukelpoisia, ei mallien absoluuttisia eroja voitu määrittää.

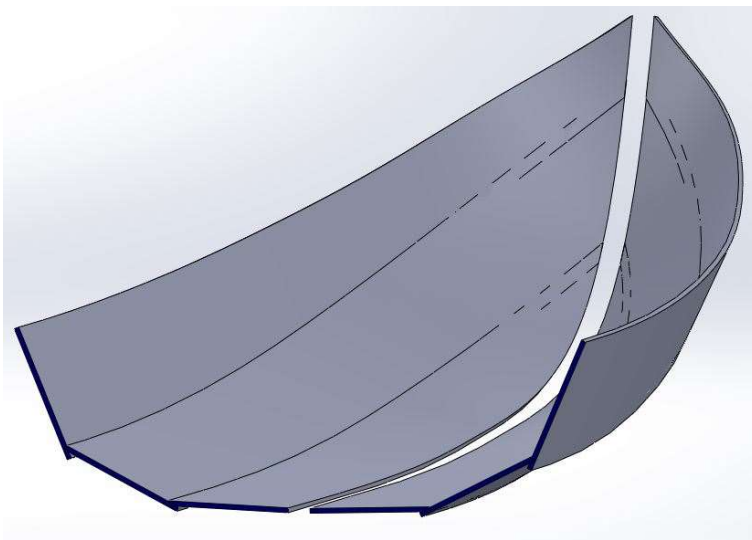
Vaikka virtausanalyysin perusteella ei onnistuttukaan täysin luotettavasti määrittämään kaarevakölisen veneen paremmuutta, valittiin se kuitenkin yksityiskohtaisen suunnittelun pohjaksi. Valintaa tukivat myös soutajien kokemukset (8). Suorakölisen veneen valintaa olisi puoltanut valmistettavuus. Tässä asiassa ei kuitenkaan haluttu tehdä kompromissia käytettävyyden kustannuksella.

Veneen käyttäytymistä todellisissa olosuhteissa ei virtausanalyysin avulla voitu simuloida. Joella ollessa virtauksen suunta ja nopeus vaihtelevat jatkuvasti. Myös veneen asento muuttuu, kun venettä ajetaan moottorilla. Lopullinen varmuus valitun mallin toimivuudesta saadaankin vasta käytännön kokeissa.

5 YKSITYISKOHTAINEN SUUNNITTELU

Yksityiskohtaisessa suunnittelussa hyödynnettiin voimakkaasti luovan työn tekniikoita. Uusille ja kokeellisille ratkaisuille annettiin tilaa ja työn etenemisessä luotettiin rohkeasti intuitioon. Valmistettavuutta mietittäessä nojaututtiin tietoon, että Oamkin konetekniikan laboratoriossa olisi käytettävissä vesileikkuri. Rakenteiden hahmottamiseen ja valmistuksen suunnitteluun löydettiin hyviä vinkkejä Osmo Perälän kirjoittamasta Puuvene-kirjasta (4).

Mallinnustyön perustaksi valittiin malli, joka osoittautui virtausanalyysin perusteella parhaaksi. Mallin muokkauksen ensimmäisessä vaiheessa vanereiden liimitykset suunniteltiin niin, että vanerit olisi mahdollista liittää toisiinsa. Liittäminen tultaisiin tekemään niittien ja liimanmassan avulla. Veneen keskilinjalta otetusta leikkauskuvasta (kuva 10) on vanerien liimitykset havaittavissa.

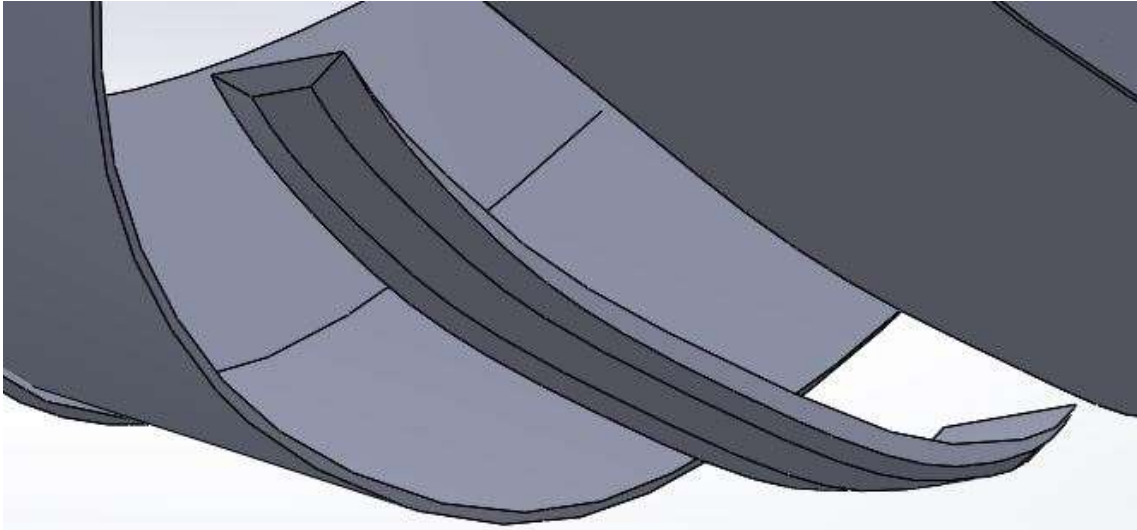


KUVA 10. Vanerien liimitykset

Muuttuvien ja kaareutuvien viisteiden mallintaminen vanereihin osoittautui todella hankalaksi. Mallintamista kyllä yritettiin, mutta toimivaa keinoa ei löytynyt. Työn etenemisen kannalta oli vanerien limitysviisteiden mallintamisesta luovuttava lopulta kokonaan.

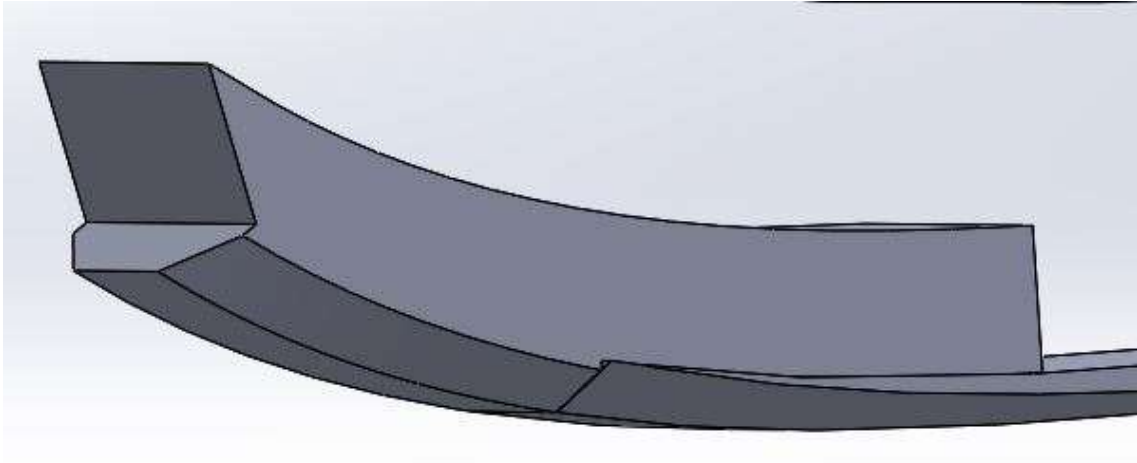
Seuraavassa vaiheessa mallinnettiin veneen pohjalle tuleva lauta, joka on osa kölipuuta. Mallinnus suoritettiin luomalle Right Planelle sketch alimman vanerin

sisäpinnan geometriaa hyödyntäen. Kõlilauta pursotettiin muotoonsa Extruded Boss/Base -komennolla. Kõlilaudan viisteiden mallintamisessa käytettiin apuna Offsed Surface-, Cut With Surface- ja Mirror-toimintoja. Kuvassa 11 alimmat vanerit on piilotettu Hide-komennolla kõlilaudan muuttuvien viisteiden havainnollistamiseksi.



KUVA 11. Kõlilauta

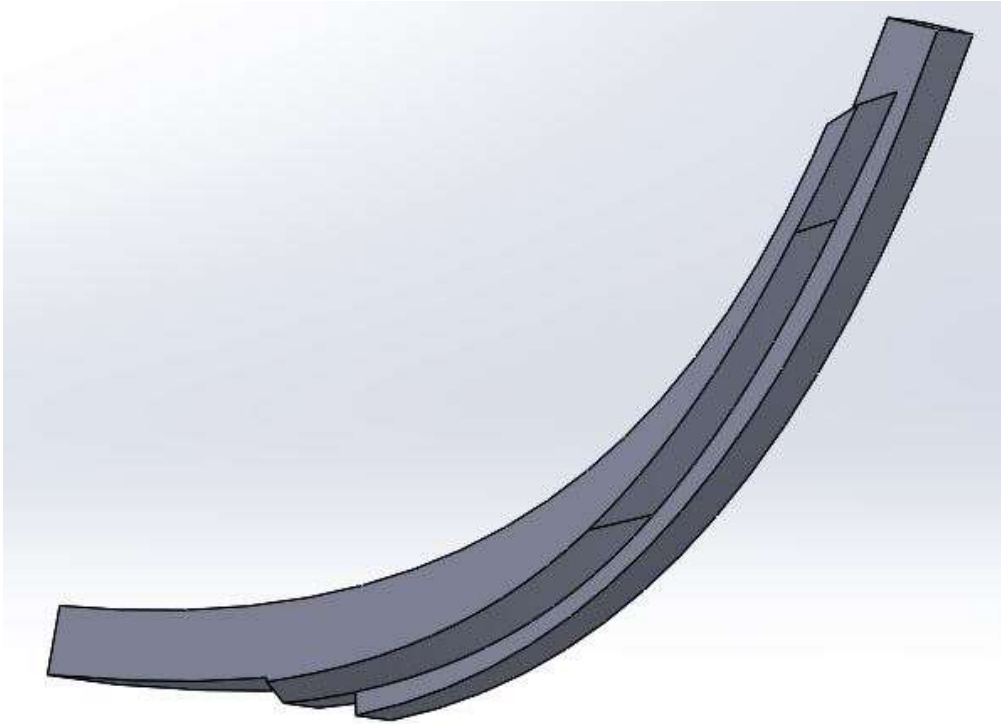
Kõlilaudan jälkeen mallinnettiin perävannas. Perävantaseen mallinnettiin upotukset, joihin kõlilauta ja peräpuu liitetään. Mallinnuksessa käytettiin samoja teknikoita kuin kõlilaudan mallintamisessa. Muuttuvat viisteet perävantaaseen tehtiin Thickened Cut -komennolla. Perävannas mitoitettiin niin, että se olisi laminoitavissa neljästä 21 mm paksusta koivuvanerista. Kuvassa 12 on esitetty kõlilaudan ja perävantaan liitos.



KUVA 12. Perävantaan ja kölilaudan liitos

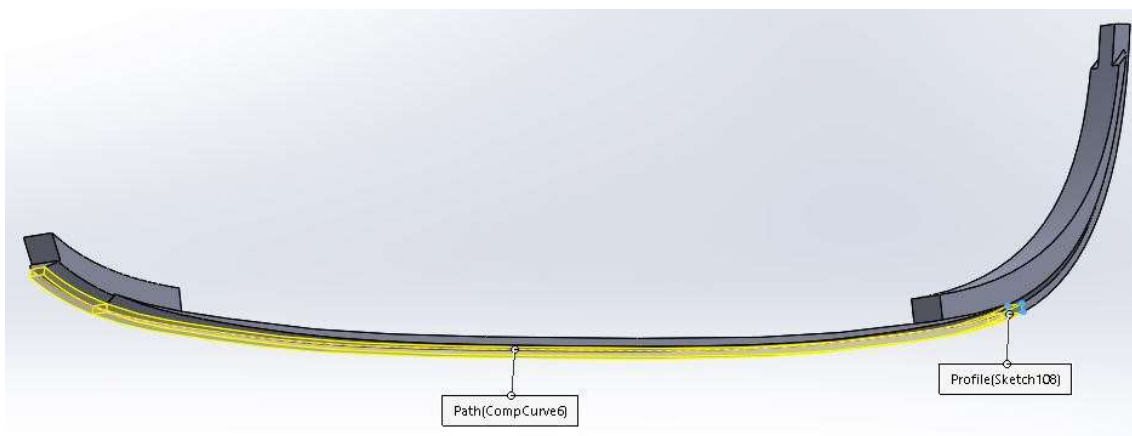
Keulavantaan rakennetta pohdittaessa päädyttiin kokeelliseen ratkaisuun. Keulavannas valmistettaisiin perävantaan tavoin laminoimalla neljästä 21 mm vahvasta koivuvanerista. Tämä antaisi mahdollisuudet siihen, että keulavantaan muuttuvat viisteet voitaisiin toteuttaa ennen kokoonpanovaihetta.

Keulavantaalle luotiin sopiva geometria Right Planelle ja pursotettiin muotoonsa Extruded Boss/Base -komennolla. Muuttuvat viisteet mallinettiin Tickened Cut -työkalun avulla. Leikkaavan pinnan luomisessa hyödynnettiin vanerien sisäpintoja. Viisteet jouduttiin mallintamaan molemmille puolille erikseen, koska peilaaminen ei jostain syystä onnistunut. Lopuksi liika materiaali poistettiin Extruded Cut- ja Mirror-toimintoja hyödyntäen. Näiden toimintojen jälkeen keulavannas oli kuvan 13 mukainen.



KUVA 13. Keulavannas

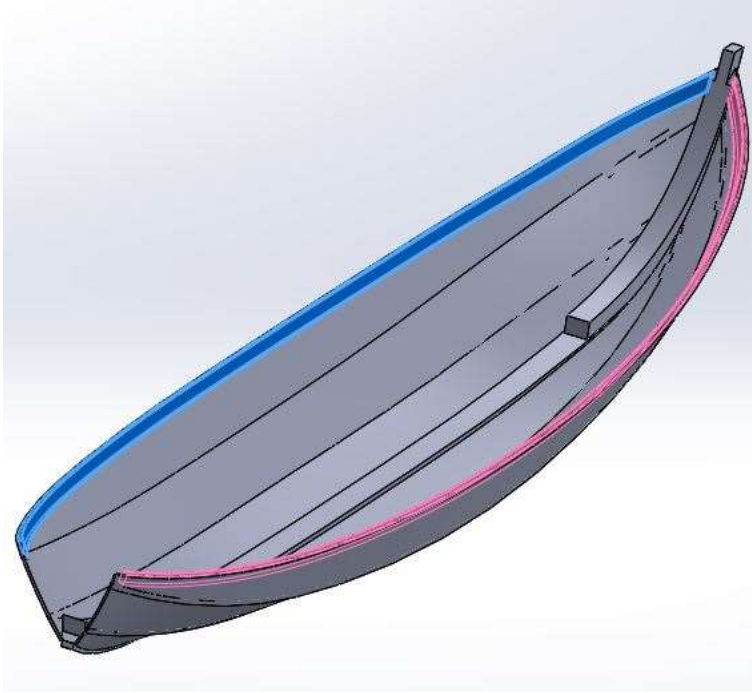
Veneen kölipuuhun kuuluva rima mallinnettiin seuraavaksi Sweep Boss/Basen avulla (kuva 14). Tarvittava ohjauskäyrä luotiin Composite Curve -käskyllä perä- ja keulavantaan sekä kölilaudan geometrioita hyödyntäen. Sketchin teossa käytettiin apuna Convert Entities -toimintoa.



KUVA 14. Köliriman mallinnus

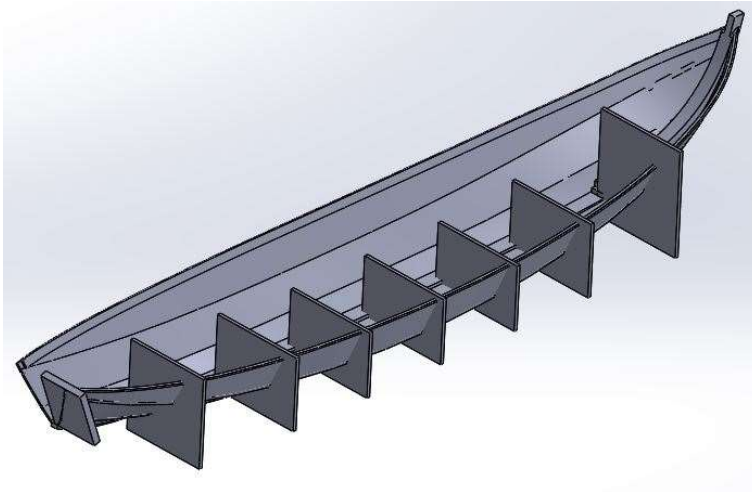
Parraspuiden mallintamisen yhteydessä oltiin tilanteessa, jossa lopullinen idea rakenteesta ei ollut vielä aivan kirkas. Ajatuksena kuitenkin oli, että parraspuut

asennettaisiin heti kaarien asentamisen jälkeen. Tällaista työjärjestystä noudattamalla kokoonpano olisi helpompaa. Parraspuut mallinnettiin alustavasti kuvan 15 mukaisina pintamallinnustyökaluja käyttäen. Parraspuiden materiaalina käytettäisiin höylättyä mäntyrimaa.



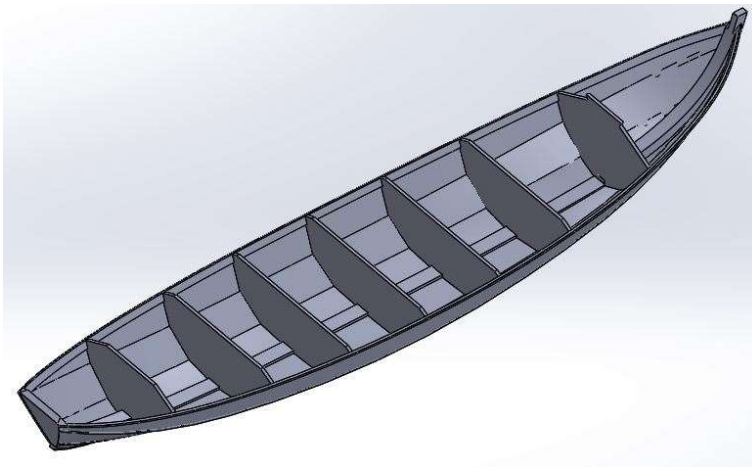
KUVA 15. Alustavat parraspuut

Kaarien ja peräpuun mallintamista varten luotiin aputasoille sketchit, jotka pursotettiin kuvan 16 mukaisiksi. Samalla keula- ja perävantaasiin tehtiin upotukset kaarien kiinnittämistä varten. Mitoituksessa huomioitiin, että osat voitaisiin valmistaa samasta vanerista kuin keula- ja perävantaat. Varmaa tietoa vanerin soveltuvuudesta materiaaliksi ei ollut ja valinta tehtiinkin antamalla valmistettavuudelle suuri painoarvo.



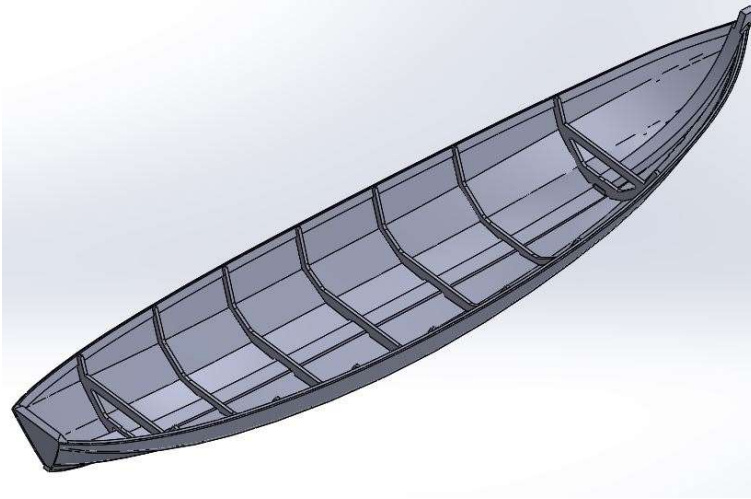
KUVA 16. Kaarien ja peräpuun mallinnus alkuvaiheessa

Mallinnusta jatkettiin leikkaamalla peräpuuta ja kaaria muotoonsa Thickened Cut -työkalun avulla. Leikkaavien pintojen luomisessa hyödynnettiin olemassa olevaa geometriaa. Leikkaamisen jälkeen peräpuu ja kaaret peilattiin Mirror-komentoa käyttäen (kuva 17).



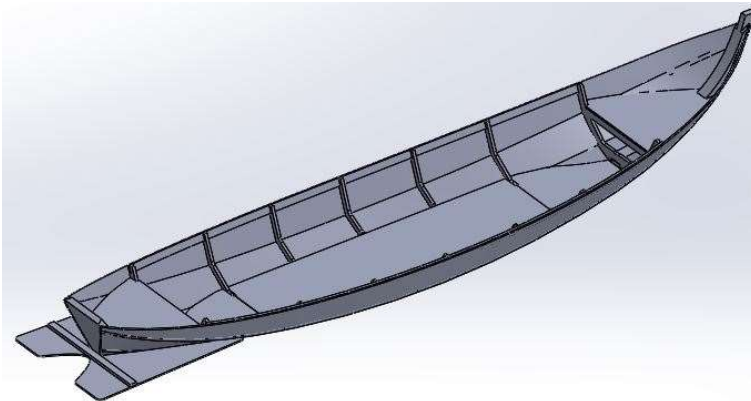
KUVA 17. Kaaret ja peräpuu peilauksen jälkeen

Jokainen kaari muotoiltiin lopuksi yksitellen Extruded Cut- ja Fillet-toimintojen avulla (kuva 18). Viiden keskimmäisen kaaren yläpinta mallinnettiin samaan korkeuteen. Tällä varmistettiin se, että veneen pohjalle tulevilla teljuilla olisi suora tuki pohjan kaarevuudesta huolimatta. Myös keula- ja peräkaarien yläpinnat mallinnettiin keskenään samaan korkeuteen.



KUVA 18. Kaaret valmiina

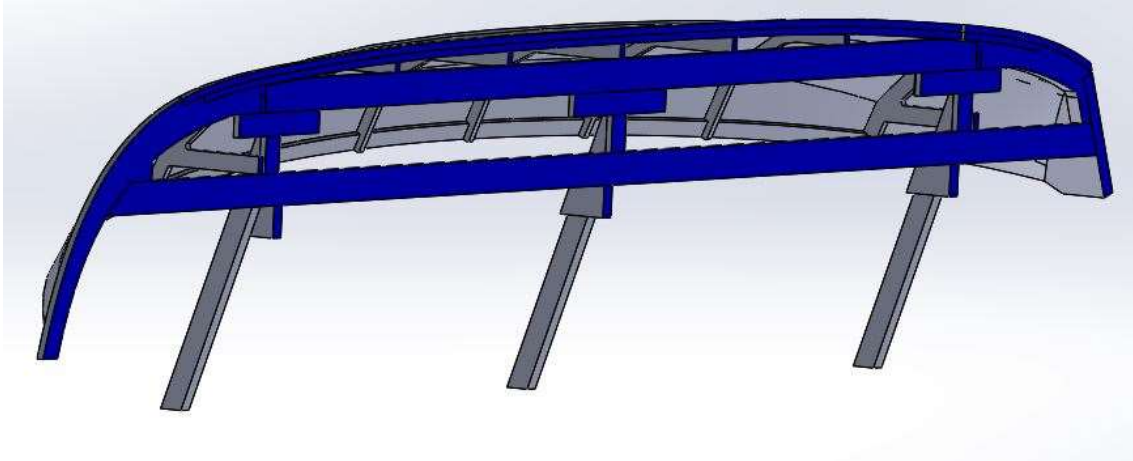
Pohjateljut, tuhdot ja veneen perään tuleva siipi mallinnettiin kaikki 9 mm:n vahvaisina (kuva 19). Näin ne olisi helppo valmistaa filmivanerista vesileikkurin avulla. Tuhtojen tukemiseksi keula- ja perävantaaseen tehtiin pieniä muokkauksia. Nämä muokkaukset selviävät myöhemmin tarkemmin. Tässä vaiheessa myös parraspuut katkaistiin ensimmäisen ja viimeisen kaaren kohdalta. Kokoonpanotyö olisi näin helpompaa, eikä hankalia liitoksia keula- ja perävantaaseen tarvitsisi tehdä.



KUVA 19. Pohjateljut ja siipi mallinnettuina

Kokoonpanontyön onnistumisen edellytyksenä on, että osat saadaan asennettua tarkasti oikeille paikoilleen. Tämän tiedon ohjaamana suunniteltiin kasauspukki, jonka päällä vene rakennettaisiin.

Kasauspukin suunnittelun yhteydessä kaariin tehtiin pienet upotukset. Näiden upotusten avulla kaaret olisi helpompi kohdistaa sivusuunnassa paikoilleen. Kuvassa 20 näkyy, miten kasauspukki suunniteltiin tukeutumaan veneen rakenteisiin. Kuvasta on havaittavissa myös aiemmin mainittu muokkaus keula- ja perävantaaseen.



KUVA 20. Leikkauskuva veneestä ja kasauspukista

6 PROTOTYYPPI

Yksityiskohtaisen suunnittelun jälkeen oli vuorossa prototyypin rakentaminen. Prototyypin rakentamisella haluttiin selvittää suunnitteluratkaisujen toimivuutta ja valmistettavuutta. Vaikka kaikkia yksityiskohtia ei ehditty miettiä aivan loppuun asti, päätettiin prototyypin valmistaminen kuitenkin aloittaa. Rakentamisella alkoi olla kiire, sillä talvi lähestyi uhkaavasti. Rakentaminen aloitettiin lämpöeristämättömässä autotallissa, mutta ilmojen kylmettyä jouduttiin kokoonpano siirtämään lämpimään tilaan. Lämpimän tilan käyttö oli välttämätöntä liimausten onnistumisen varmistamiseksi.

6.1 Kasauspukki

Ensimmäiseksi rakennettiin kasauspukki. Kasauspukin suoruusvaatimuksen takia valmistusmateriaalina käytettiin kertopuuta. Kokoonpano suoritettiin ruuvien ja naulalevyjen avulla (kuva 21).



KUVA 21. Kasauspukki

Kasauspukin rakentaminen onnistui ihan hyvin, mutta suunnitteluvirheitäkin paljastui. Kasauspukin osissa oli sellaisia kulmia, joiden tekeminen oli mahdotonta tavallisella katkaisusirkkelillä. Osien katkaisuissa jouduttiinkin hyödyntämään myös käsisirkkeliä.

6.2 Osien valmistus

Keula- ja perävantaan, kaarien ja peräpuun osat leikattiin vesileikkurilla 21 mm:n vahvuisesta koivuvanerista. Vesileikkurin ohjelmointia varten osista laadittiin dxf-kuvat SolidWorksin Export to DXF/DWG -komennolla. Kuvia jouduttiin muokkaamaan ohjelmoinnin yhteydessä, sillä konvertointi ei ollut onnistunut virheettömästi. Kuvien muokkaamisen ja ohjelman laatimisen jälkeen varsinainen leikkaaminen sujui ongelmitta (kuva 22).



KUVA 22. Vesileikkurilla leikattuja osia

Vesileikkurilla leikattiin alumiinilevystä myös monenlaisia sabluunoita valmistuksen helpottamiseksi. Laitavanerien sabluunat jouduttiin leikkaamaan kaksiosaisina, sillä käytössä olleen vesileikkurin leikkauspöytä oli vain kolme metriä pitkä. Tuhdot, pohjateljut ja kantosiipi leikattiin 9 mm:n vahvuisesta filmivanerista.

Osa osista olisi voitu valmistaa huomattavasti pidemmälle jo vesileikkausvaiheessa, jos käytössä olisi ollut kääntyväpäinen vesileikkuri. Esimerkiksi kaaret olisi saatu valmiiksi kerralla, kun niitä nyt jouduttiin työstämään vielä vesileikkauksen jälkeen. Osien teettämistä alihankintatyönä harkittiin, mutta siitä luovuttiin aikataulu- ja kustannussyistä.

Muuttuvien viisteiden piirtämisessä kaariin (kuva 23), peräpuuhun ja vantaisiin hyödynnettiin alumiinista leikattuja sabluunoita. Viisteet työstettiin höylän ja hio-
makoneen avulla.



KUVA 23. Viisteiden piirtämisessä hyödynnettiin sabluunoita

Vantaat liimattiin kokoon neljästä ja peräpuu kahdesta osasta. Liimana käytettiin veden kestäväää polyuretaaniliimaa. Liimauksen kohdistustarkkuus varmistettiin puisilla poratapeilla. Puristaminen suoritettiin käsipuristimien avulla (kuva 24). Liiman kuivuttu ylimääräinen liima poistettiin ja osat siistitiin kevyesti hiomalla.



KUVA 24. Keulavannas liimauksessa

Laitavanerit jouduttiin jatkamaan, sillä riittävän pitkää venevaneria ei ollut saatavilla. Vanerien jatkamien olikin työvaihe, jota ei osattu ennakoida. Jatkaminen ei ollut vaikeaa, mutta se lisäsi käsityövaiheiden ja liimaamisen määrää huomattavasti. Liitoksia varten sopiviksi suikaleiksi leikatut vanerit viistettiin päistään. Viisteiden tekeminen vaati tarkkuutta, mutta onnistui hyvin käsihöylän ja hiomakoneen avulla. Lopuksi vanerit liimattiin varta vasten rakennetussa liimausteliineessä vedenkestävällä polyuretaaniliimalla.

Liimaamalla jatkettuihin laitavanereihin piirrettiin muoto alumiinisten sabluunoiden avulla. Piirtämisen jälkeen vanerit sahattiin kuviosahalla muotoonsa (kuva 25).



KUVA 25. Muotoon leikattu laitavaneri

Muotoon sahaamisen jälkeen höylättiin laitavanereihin vielä tarvittavat viisteet ja porattiin reiät kokoonpanon helpottamiseksi. Viisteiden hahmottaminen oli hiukan haastavaa, mutta onnistui kuitenkin 3D-mallin leikkauksia tutkimalla.

Ennen varsinaisen kokoonpanotyön aloittamista rakennettiin kaksi alikokoonpanoa (kuva 26). Keulan alikokoonpano kasattiin keulavantaasta ja keulimmaisesta kaaresta. Perän alikokoonpano rakennettiin perävantaasta, peräpuusta ja takimmaisesta kaaresta. Alikokoonpanot koottiin liiman, ruuvien ja puristimien avulla.



KUVA 26. Perän ja keulan alikokoonpanot

6.3 Kokoonpano

Kokoonpanotyö aloitettiin kiinnittämällä kaaret sekä keulan ja perän alikokoonpanot kasauspukkiin. Seuraavaksi kölilauta liimattiin kiinni kaariin ja vantaisiin vedenkestävällä polyuretaaniliimalla (kuva 27). Kölilauta asettui kaarien kohdalla helposti paikoilleen, mutta vantaiden liitoskohdissa puristimien kiristämiseen tarvittiin paljon voimaa. Kölilaudan taivutusjäykkyys yllätti, sillä kaarevuus liitoksen kohdalla oli kuitenkin maltillinen.



KUVA 27. Kölilauta liimauksessa

Parraspuut liimattiin seuraavaksi paikoilleen (kuva 28). Parraspuiden kuivuessa kölilauta höylättiin muotoonsa käsihöylää käyttäen.



KUVA 28. Parraspuut liimauksessa

Köliä korotettiin vielä liimaamalla kölirima paikoilleen (kuva 29). Köliriman liimauksessa törmättiin samaan ongelmaan kuin kölilaudan liimauksessa. Riman taivutusjäykkyys oli oletettua suurempi.



KUVA 29. Kölirima liimauksessa

Köliriman liimaustyön yhteydessä heräsi epäily, etteivät liitokset keulassa ja perässä pysyisi koossa pelkän liiman voimalla. Liitokset päätettiin vahvistaa myös ruostumattomilla ruuveilla (kuva 30).



KUVA 30. Köliriman ruuviliitos keulavantaassa

Köliin tulleet ruuviliitokset vaivasit lopulta niin paljon, että koko kölin matkalle liimattiin vielä yksi 10 mm paksu rima ruuvien peittämiseksi. Samalla saatiin keulavantaan rakennetta muutettua niin, ettei vesi olisi kosketuksissa suoraan vanerin syitä vasten (kuva 31).



KUVA 31. Lisärima liimauksessa

Seuraavaksi asennettiin ensimmäiset vanerit (kuva 32). Perässä ja keulassa vanerien taivuttaminen vaati hiukan voimaa ja tässä työvaiheessa tarvittiinkin kaveria avuksi. Kiinnittäminen suoritettiin ohutlevyruuvien ja puristimien avulla. Tiukimmissa taivutuksissa ruuvien alle lisättiin aluslevyt painetta tasaamaan. Asennusliimana käytettiin tarkoitukseen soveltuvaa liimatiivistemassaa.



KUVA 32. Ensimmäiset vanerit asennettuna

Muotoon leikatut vanerit asettuivat hyvin paikoilleen. Asentaminen olisi ollut kuitenkin huomattavasti helpompaa, jos vanerit olisivat olleet perästä ylimittaisia.

Liiman kuivuttua vanereihin höylättiin viisteet seuraavien vanereiden asentamista varten. Muuttuvien viisteiden höylääminen käsihöylällä epäilytti aluksi, mutta onnistui kuitenkin hyvin. Oikeat kulmat viisteille saatiin kaarien kulmia mukaillen (kuva 33).



KUVA 33. Viiste höylättynä

Ennen toisen vaneriparin asentamista vanereihin höylättiin limitysviisteet molempiin päihin. Viisteitä höylättiin sekä ylä- että alapintoihin. Viisteet olivat osittain muuttuvia, joten niiden hahmottaminen oli melkoisen haastavaa. Ilman 3D-mallia viisteiden hahmottaminen olisi ollut vielä vaikeampaa.

Toisen vaneriparin koeasennuksessa havaittiin, ettei vanerit asetu kelassa aivan täydellisesti. Muotoa piti hiukan muuttaa. Muokkauksen tarve selittyi sillä, ettei vaneria saatu asennettua aivan mallinnuksen edellyttämään muotoon. Keulakäärän jälkeen vaneri pyrki oikaisemaan kohti keulavannasta. Mikäli kaaria olisi ollut keulassa yksi enemmän, olisi asentaminen onnistunut todennäköisesti paremmin.

Ensimmäisen vaneriparin asentamisesta viisastuneena vanerit päätettiin jättää perästä vähän ylimittaisiksi. Pienoisista vastoinkäymisistä huolimatta, toinenkin vaneripari saatiin lopulta asennettua paikoilleen (kuva 34).



KUVA 34. Toinen vaneripari asennettuna

Seuraavana liimattiin rimat, joilla varmistettiin toisen ja kolmannen vaneriparin liimityksen riittävyys. Rima ei ollut suuri, mutta asentamisessa tarvittiin paljon puristimia (kuva 35). Liiman kuivuttua viiste höylättiin muotoonsa. Parraspuut katkaistiin myös oikeaan mittaansa ennen viimeisten vanerien asentamista.



KUVA 35. Rima liimauksessa

Myös viimeisiä vanereita jouduttiin muokkaamaan keulasta hiukan ennen asentamista. Asentaminen oli kuitenkin toisia vanereita helpompaa, eikä viisteitäkään tarvinnut tehdä niin paljon. Vanerien asentamisen jälkeen veneen lopullinen muoto alkoi hahmottua (kuva36).



KUVA 36. Viimeiset vanerit asennettuina

Ylimääräinen liimamassa poistettiin liiman kunnolla kuivuttua. Tässä työssä erittäin kätevä apuväline oli pieni V-urataltta. Pohjan siistimisen jälkeen vene irrotettiin kasauspukista ja käännettiin toisin päin. Ylimääräinen liima poistettiin myös sisäpuolelta.

Liimajäämien poistamisen jälkeen aloitettiin saumojen niittaaminen. Kasauksessa käytetyt ruuvit poistettiin vaiheittain ja korvattiin kupariniiteillä (kuva 37).



KUVA 37. Saumat niitattiin kupariniiteillä

Niittaustyökaluna käytettiin paineilmatoimista poravasaraa, joka oli varustettu sopivalla niittauspäällä. Ruuvit, joita ei voitu korvata niiteillä, vaihdettiin ruostumattomiin ruuveihin.

Niittausten jälkeen porattiin reikä pohjatulpalle (kuva 38). Peräkaarella näkyvä reikä on tarkoitettu pohjatulpan säilytyspaikaksi silloin, kun vene ei ole vesillä.



KUVA 38. Pohjatulpan reikä

Vesileikkurilla leikatuista tuhdoista ja teljuista vain keskimmäinen telju voitiin asentaa suoraan paikoilleen, sillä se tukeutui pelkästään kaariin. Muut osat tu-

keutuivat osittain myös laitavanereihin ja keula- ja perätelju myös kölilautaan. Hyvän istuvuuden takaamiseksi niitä jouduttiin muotoilemaan alapinnoiltaan höylän ja hiomakoneen avulla (kuva 39).



KUVA 39. Keulateljun alapinta muotoilun jälkeen

Perään tulevan kantosiiven muotoilu oli yksi työläimmistä työvaiheista. Lopullista muotoa haettaessa jouduttiin kokeiluja tekemään useita (kuva 40). Tämä oli hiukan turhauttavaa, sillä aikaa meni paljon.



KUVA 40. Kantosiiven muotoilu oli tarkkaa puuhaa

Vaikka kantosiipi, tuhdot ja teljut saatiinkin lopulta muotoiltua hyvin, havaittiin, etteivät ne näin tehtyinä sovellu ainakaan sarjatuotantoon. Esteettisyyttä ajatellenkin filmivanerin valinta rakennusmateriaaliksi alkoi tuntua kyseenalaiselta.

6.4 Pintakäsittely

Ennen pintakäsittelyn aloittamista hankaimet mitoitettiin paikoilleen ja kiinnitysruuveille porattiin reiät. Myös keulasilmukalle porattiin reikä valmiiksi. Tällä varmistettiin, ettei veneeseen jää viimeistenkään asennusten jälkeen pintakäsittelmättömiä kohtia.

Pintakäsittely aloitettiin kyllästämällä vene kylmäpuristetun pellavaöljyn ja pohjustusaineen sekoituksella. Kyllästämisessä noudatettiin ohjeita, jotka löytyvät Osmo Perälän kirjoittamasta kirjasta Puuvene (4, s. 121 - 122).

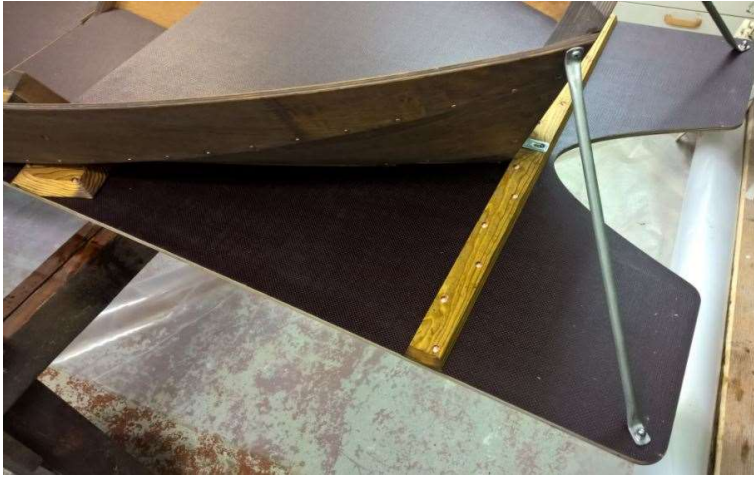
Kyllästämisen jälkeen vene käsiteltiin vielä tervan 1/3, pellavaöljyn 1/3 ja havupuutärpätin 1/3 sekoituksella. Vanereihin tehtaalla tehdyt kittaukset paljastuivat tässä vaiheessa ikävästi (kuva 41). Rakenteen kestävyys kannalta pintavii luissa olevilla kittauksilla ei liene kovinkaan suurta merkitystä, mutta ne ovat ruma.



KUVA 41. Kittaukset korostuivat ikävästi

6.5 Viimeistely

Pintakäsittelyn kuivuttua kiinnitettiin hankaimet ja keulasilmukka. Myös perään tuleva kantosiipi asennettiin lopullisesti paikoilleen (42).



KUVA 42. Kantosiipi asennettuna

Airot tilattiin valmiina, mutta toimituksen viivästyessä niitä ei ehditty asentamaan paikoilleen. Tavoitteena ollut testaaminenkin jäi haaveeksi, sillä vesistöt ehtivät jäätyä. Työ päätettiin tähän, vaikka aivan kaikkia tavoitteita ei ehditty saavuttaa. Kuvassa 43 on esitetty työssä valmistunut jokiveneen prototyyppi.



KUVA 43. Prototyyppi

7 YHTEENVETO

Työn yhtenä tärkeimmistä tavoitteista oli parantaa jokiveneen valmistuksen jouhevuutta. Kokoonpanossa tarvittavasta työstämisestä ja sovittamisesta haluttiin päästä eroon. Kunnianhimoisena tavoitteena oli, että kaikki osat olisi voitu valmistaa ennen kokoonpanoa. Tässä ei onnistuttu.

Osien tarkka valmistaminen ennen kokoonpanoa edellyttää, että mallinnustyössä onnistutaan. Vaikka tässä työssä eniten aikaa kuluikin 3D-mallinnuksessa, ei kaikkien osien mallintamisessa onnistuttu tavoitteiden mukaisesti. Kaareutuvat muodot ja muuttuvat viisteet aiheuttivat isoja ongelmia. Mallinnustyöhön käytetty aika osoitti sen, että yksinkertaiseltakin vaikuttavan tuotteen mallintaminen voi olla haastavaa. Opettavaista se ainakin oli.

Tavoitteena oli myös selvittää nykyaikaisten valmistusmenetelmien soveltuvuutta jokiveneen osien valmistuksessa. Osien suunnittelussa tähdättiin siihen, että niiden teossa voitaisiin hyödyntää vesileikkuria. Tässä tavoitteessa onnistuttiin paremmin. Esimerkiksi kaaret valmistuivat vanerista vesileikkurin avulla todella helposti.

Prototyypin tekemisellä haluttiin selvittää suunniteltujen ratkaisuiden toimivuutta. Prototyypin tekeminen onnistui melko hyvin, mutta ongelmiakin oli. Kõlilaudan ja kõliriman asentamisen yhteydessä paljastui, ettei liitosrakenteen suunnittelun yhteydessä ollut osattu huomioida puun taivutusjäykkyyttä riittävästi. Kõlilaudan asentaminen vantaiden upotusten väliin oli myös hiukan haastavaa. Vanereiden jäykkyysskin yllätti, vaikka mallinnuksessa muodot pyrittiinkin pitämään jouhevina.

Vanerin valinta kaarien ja etenkin vantaiden materiaaliksi oli tämän työn kokeellisin osa. Valinnassa painoi se, että valmistus olisi huomattavasti tavanomaista helpompaa. Se, miten vanerista valmistetut osat tulevat kestämiään, selviää vasta tulevaisuudessa.

Työhön käytettävän ajan rajallisuuden seurauksena jouduttiin useassa kohdassa tyytymään kompromissiin. Esimerkiksi kokoonpanoa varten rakennetun kasa-

pukin suunnitteluun ei ehditty käyttää riittävästi aikaa. Kasauspukki täytti tehtävänsä prototyypin tekemisen yhteydessä, mutta usean veneen rakentaminen tehokkaasti edellyttäisi ratkaisua, jossa venettä voisi käännellä kokoonpanon aikana. Suurin hyöty saavutettaisiin siinä, että niittaukset voitaisiin tehdä vaiheittain aina vanerin kiinnittämisen jälkeen. Niittaustyö helpottuisi huomattavasti ja onnistuisi ilman apuria. Käänneltävän kasauspukin käyttäminen edellyttäisi myös köli-rakenteen uudelleen suunnittelua. Köli-rakenne on joka tapauksessa mietittävä uudelleen, sillä se paljastui prototyypin teon yhteydessä ongelmalliseksi.

Valmistuspiirustuksia ei työssä laadittu. Turhan työn välttämiseksi lopulliset piirustukset kannattaakin tehdä vasta sitten, kun prototyypin tekemisessä havaitut suunnitteluvirheet on korjattu. On myös mahdollista, että prototyypin testaaminen tuo esiin muutostarpeita. Tulevaisuutta ajatellen työssä laadittu 3D-malli antaa kuitenkin hyvän pohjan tuotekehityksen jatkamiselle.

LÄHTEET

1. Kontio, Esa. T318208 Tuotekehitys 8 op. Opintojakson luennot syksyllä 2014 ja keväällä 2015. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
2. Tuomaala, Jorma 1995. Luova koneensuunnittelu. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
3. Vartiainen, Juha 2011. Puuvene. Käsityötä pihkan ja tervan tuoksussa. 2. painos. Porvoo: Bookwell Oy.
4. Perälä, Osmo 2011. Puuvene. Veistäminen - Kunnostaminen - Perinne. Hämeenlinna: Karisto Oy.
5. Köngäs, Seppo 2013. Tenolainen jokivene. Blogi. Saatavissa: https://get.google.com/albumarchive/100264801021547897557/album/AF1QipOWPDxGNjRgE-7ZQUW4c_VgUzrsMk5tMxt-MJao4?source=pwa. Hakupäivä 20.12.2017.
6. Venerekisteri. 2017. Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi). Saatavissa: <https://www.trafi.fi/veneily/venerekisteri>. Hakupäivä 20.12.2017.
7. Vaneri. Puuinfo Oy. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/puutieto/levytuotteet/vaneri>. Hakupäivä 2.1.2018.
8. Jokiveneen teko. 2008. Kalastus.com. Saatavissa: <https://kalastus.com/comment/1041902>. Hakupäivä 2.1.2018.
9. SolidWorks Flow Simulation – Part 1. 2010. 3DClassWorks. Video. Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=ctBA4rkhPo>. Hakupäivä 18.12.2017.
10. SolidWorks Flow Simulation – Part 2. 2010. 3DClassWorks. Video. Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=7TztWz-tjSl>. Hakupäivä 18.12.2017.
11. Bernoullin laki. 2017. Wikipedia. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Bernoullin_laki. Hakupäivä 3.1.2018.

Opinnäytetyö

Projekti: Jokivene
Ryhmä: Olli Holmi

Jokiveneen vaatimuslista

KV, VV, T	Vaatus	Pvm.	Huom.
	Geometria		
KV	Pituus 5450mm, leveys 1200, korkeus 900mm, lattakorkeus kankalla 150mm	22.5.2017	Maksimiarvoja
KV	Kantoläp	22.5.2017	
KV	Jouhevat muodot, virtaviivainen	22.5.2017	
	Voimat		
VV	Kantavuus 300kg	22.5.2017	
T	Paino alle 80 kg		
	Energia		
KV	Polttoainetta, sähköenergia, lämmitys	22.5.2017	
	Valmistus		
KV	Puupohjainen rakenne	22.5.2017	
T	Sovelluttava sarjatuotantoon	22.5.2017	
	Käsiteltä varusteet		
VV	Kahden ainet	22.5.2017	
KV	Pohjaleijut	22.5.2017	
KV	Perätuhto	22.5.2017	
KV	Kuuloksimukka	22.5.2017	
T	Ankkuri (tai pumppi)	22.5.2017	
KV	Pohjaleijut	22.5.2017	
	Lisävarusteet		
KV	Soutuvaimeen 2kpl	22.5.2017	
VV	Vapataimeen 6 vavalle	22.5.2017	
VV	Soutuvaimeen 6 vavalle	22.5.2017	
T	Väestyspunti	22.5.2017	
T	Teline nostokoukalle	22.5.2017	
T	Teline papille	22.5.2017	
T	Säilytys	22.5.2017	
	Käyttöolosuhteet		
KV	Sovelluttava toimimaan virtaavassa vedessä	22.5.2017	+0...50 °C
	Käyttökäytös		
T	Kevyt asennus	22.5.2017	
T	Ainon palkat säädettävissä	22.5.2017	
T	Käsiteltävät hankaimet	22.5.2017	
T	Säädettävät soutuvaimeet	22.5.2017	
T	Säädettävät vapataimeet	22.5.2017	
T	Ankkuri käytettävissä soutuvaimeella	22.5.2017	
	Turvallisuus		
KV	Vahva	22.5.2017	
T	Lukittumattomat hankaimet	22.5.2017	
	Budjetti		
T	Prototyypin valmistus budjetti 1500€	22.5.2017	
	Aikataulu		
KV	Valmis joulukuussa 2017	22.5.2017	
	KV = kanta-vaatus		
	VV = vähimmäisvaatus		
	T = toivomus		